

ANALISIS POTENSI AIR TANAH DI KELURAHAN IMOPURO METRO DENGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN METODE RESTY

Eva Rolia

Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Metro, Lampung.
Email : roliaeva@yahoo.com

ABSTRAK

Kelurahan Imopuro – Metro Pusat dengan luas wilayah 119 ha dengan ketinggian 45 meter dari permukaan air laut dan curah hujan 181,3 mm/th tergolong dalam topografi dataran rendah. Berdasarkan peta konsevasi air tanah, Metro memiliki potensi air tanah sampai kedalaman 40 m yang dapat di gunakan untuk kebutuhan rumah tangga dengan debit pengambilan maksimum 3,5 m^3 /hari/sumur. Sedangkan Pengambilan air tanah baru dapat dilakukan pada kedalaman 40 – 120 m, dengan debit pengambilan air 150 m^3 /hari/sumur. (*sumber : Peta Zona konservasi air tanah*).

Dari hasil penyelidikan dilapangan, di daerah Imopuro banyak terdapat rumah wallet yang dibangun secara berdekatan dan keseluruhan rumah wallet tersebut menggunakan sumur bor, untuk memenuhi kebutuhan air dalam pengelolaan rumah wallet. Selain itu daerah Imopuro pada saat ini tidak memiliki daerah tangkapan air hujan yang memadai untuk proses peresapan air.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui potensi air tanah di Kelurahan Imopuro Kota Metro dengan menggunakan alat Geolistrik dan pengolahan data dengan menggunakan perhitungan Metode Resty. Tujuan penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui distribusi Resistivitas batuan untuk mencari letak dan kedalaman akuifer air tanah, dan mengetahui karakteristik akuifer pada daerah penelitian.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, di daerah kecamatan Imopuro bahwa kedalam 0 – 8 m merupakan jenis lapisan Kerikil, pada Kedalaman 8 – 47 m merupakan jenis lapisan Lempung, pada kedalaman 47 – 80 m merupakan jenis lapisan Lempung Shale, pada lapisan 80 – 234 m merupakan lapisan Batuan Dasar, pada lapisan 234 – 250 m merupakan lapisan Batuan Pasir..

Kata Kunci : Potensi Air Tanah, Metode Resty.

PENDAHULUAN

Kelurahan Imopuro – Metro Pusat dengan luas wilayah 119 ha dengan ketinggian 45 meter dari permukaan air laut dan curah hujan 181,3 mm/th tergolong dalam topografi dataran rendah. Berdasarkan peta konsevasi air tanah, Metro memiliki potensi air tanah sampai kedalaman 40 m yang dapat di gunakan untuk kebutuhan rumah tangga dengan debit pengambilan maksimum 3,5 m^3 /hari/sumur. Sedangkan Pengambilan

air tanah baru dapat dilakukan pada kedalaman 40 – 120 m, dengan debit pengambilan air 150 m^3 /hari/sumur. (*sumber : Peta Zona konservasi air tanah*).

Dari hasil penyelidikan dilapangan, di daerah Imopuro banyak terdapat rumah wallet yang dibangun secara berdekatan dan keseluruhan rumah wallet tersebut menggunakan sumur bor, untuk memenuhi kebutuhan air dalam pengelolaan rumah wallet. Selain itu daerah Imopuro pada saat

ini tidak memiliki daerah tangkapan air hujan yang memadai untuk proses peresapan air. Beragamnya perkembangan kegiatan di daerah Imopuro - Metro Pusat, dengan berbagai aktivitas eksploitasi air tanah, tanpa disertai konservasi air tanah, sangat berpengaruh pada lapisan akuifer tanah. Oleh sebab itu penelitian terhadap susunan lapisan bumi untuk mengetahui potensi air tanah perlu dilakukan, dalam usaha untuk mendapatkan susunan mengenai lapisan bumi, agar bisa diketahui ada atau tidaknya lapisan pembawa air (akuifer), ketebalan dan kedalamannya serta untuk mengetahui kondisi lapisan batuan. Meskipun air tanah tidak dapat secara langsung diamati melalui permukaan bumi, penyelidikan permukaan tanah merupakan awal penyelidikan yang cukup penting, paling tidak dapat memberikan suatu gambaran mengenai lokasi keberadaan air tanah tersebut. Untuk penyelidikan permukaan tanah, banyak metode penyelidikan yang dapat dilakukan salah satunya adalah metode geolistrik resistivity. Metode ini banyak dipilih karena prosesnya mudah, pengolahan data yang cepat, biaya penelitian yang relatif murah dan hasil pengolahan data yang akurat dan dapat dipercaya.

Maksud dan Tujuan Penelitian

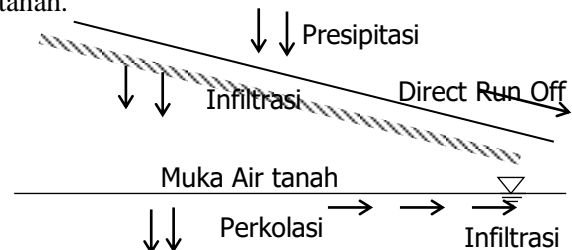
Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui potensi air tanah dengan menggunakan alat Geolistrik, dan air tanah Kelurahan Imopuro Kecamatan Metro Pusat dengan Menggunakan Metode Resty. Tujuan penelitian adalah :

- Mengetahui distribusi Resistivitas batuan untuk mencari letak dan kedalaman Akuifer air tanah.
- Mengetahui karakteristik akuifer pada daerah penelitian.

TINJAUAN PUSTAKA

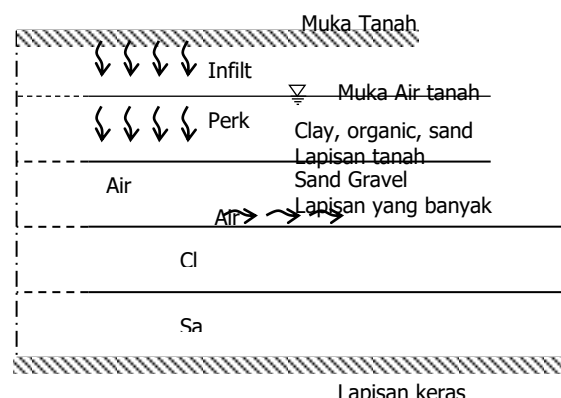
Kejadian Air tanah.

Dari proses siklus hidrologi, jadi air hujan jatuh di permukaan tanah menjadi limpasan (Run Off) dan masuk ke lapisan tanah (Infiltrasi), kemudian air infiltrasi menjadi air tanah.



Gambar. 1 Kejadian Air Tanah

Air tanah merupakan semua air yang berada di bawah permukaan tanah.

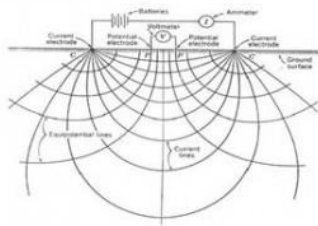


Gambar.2 Lapisan Air Tanah

Akuifer

Sebagian besar air tanah berasal dari air permukaan yang mengalami infiltrasi (air meteorik), *influent* dari saluran-saluran atau sungai, rembesan dari reservoir, resapan buatan, rembesan dari air laut, air yang terangkap di dalam batuan sedimen (*connate water*), dan dari air juvenil (air magmatik dan air kosmik).

Pendugaan Geolistrik



Geolistrik merupakan metode geofisika untuk mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik

DC (*direct current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 elektroda arus yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik tersebut maka akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. (Todd, 1980).

Gambar.3. Siklus Elektrik Determinasi Resistivitas dan Lapangan Elektrik Untuk Stratum Homogenous Permukaan bawah tanah (Todd,D.K,1980)

Potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 adalah (Sosrodarsono, 2006)

Karena $V_{11} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right)\frac{1}{r_1}$ arus pada kedua sama dan berlawanan arah, maka potensial pada titik P2 akibat elektroda arus C2 dapat ditulis, sehingga potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 dan C2 adalah,

$$V_{12} = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right)\frac{1}{r_2}$$

$$V_{11} + V_{12} = \frac{I\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$V_{21} + V_{22} = \frac{I\rho}{2}\left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)$$

Dengan cara yang sama, potensial yang sama pada P2 akibat elektroda arus C1 dan C2 adalah,

Akhirnya antara potensial P1 dan P2 dapat ditulis sebagai,

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi}\left\{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right\}$$

Dari besarnya arus dan beda potensial yang terukur maka nilai resistivitas dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\rho = k \frac{V}{I}$$

Dengan k adalah faktor geometri yang tergantung penempatan elektroda permukaan.

METODOLOGI PENELITIAN

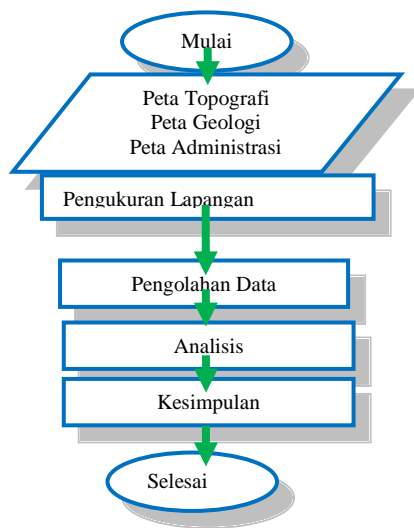
Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian dengan geolistrik untuk menentukan kedalaman air tanah ini dilakukan di Kelurahan Imopuro, Kecamatan Metro Pusat Kota Metro Lampung.

Tabel 1: Resistivitas Tahanan Jenis Batuan

Humus	50 – 100
Pasir lepas	500 – 5000
Pasir	100 – 5000
Kerikil	100 – 600
Lempung	3 – 30
Lempung berdebu	5 – 40
Lempung berpasir	5 – 50
Pasir berlempung	30 – 100
Lempung, shale	50 – 200
Batuan dasar	100 – 1000
Batu pasir	200 – 800
Batu kapur	500 – 10000

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendugaan Geolistrik

Geolistrik merupakan metode penyelidikan air tanah dari permukaan bumi yang populer dalam studi air tanah. Hal tersebut disebabkan karena peralatan geolistrik relatif mudah dibawa, mudah dioperasikan, waktu pengukuran yang relatif cepat dan biaya yang murah serta akurasi data yang dapat diandalkan. Meskipun demikian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran geolistrik di lapangan yaitu hindari lokasi yang terdapat timbunan pipa besi, lokasi yang berdekatan dengan kabel, pagar besi, ataupun listrik dengan tegangan tinggi.

Pada dasarnya geolistrik merupakan alat untuk mendeteksi perlapisan batuan di dalam bumi. Prinsip utamanya adalah bahwa setiap perlapisan batuan mempunyai tahanan yang berbeda-beda bila dialiri arus listrik yang disebut dengan tahanan jenis (resistivity). Besarnya tahanan jenis diukur dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi dan memperlakukan lapisan batuan sebagai media penghantar arus. Hasil pengukuran pada berbagai jenis batuan menunjukkan adanya kisaran nilai tahanan jenis yang bervariasi.

Selain oleh jenis material, ternyata pada kebanyakan harga tahanan jenis batuan ditentukan oleh kesarangan, kandungan air, dan kualitas airnya daripada jenis materialnya. Pada akuifer yang tersusun oleh material lepas, harga tahanan jenis akan semakin menurun sesuai dengan tingkat kejenuhan dan keasinan air tanahnya. Adanya lapisan lempung juga akan semakin menurunkan (hingga mencapai 2 Ω m) harga tahanan jenis, karena sifatnya yang sangat menghantarkan arus listrik.

Penentuan Titik Pengukuran

Pengukuran metode Geolistrik dilaksanakan mulai tanggal 9 – 10 September 2014. Pendugaan geolistrik dilakukan di 10 titik pengukuran yaitu semua titik di Kecamatan Imopuro.

Tabel.2. Titik Pengukuran Metode Geolistrik

No	Nama Kelurahan	Lokasi	Elevasi
1	Kelurahan Imopuro	Jln. Khanafiah	72 M
2	Kelurahan Imopuro	Jln. Cuk Nyak Dien	71 M
3	Kelurahan Imopuro	Jln. Teuku Umar	73 M
4	Kelurahan Imopuro	Jln. Maulana	81 M
5	Kelurahan Imopuro	Jln. Raden Intan	78 M
6	Kelurahan Imopuro	Jln. Way Tulang Bawang	79 M
7	Kelurahan Imopuro	Jln. Hasannudin	74 M
8	Kelurahan Imopuro	Jln. Am. Bangsawan	77 M
9	Kelurahan Imopuro	Jln. Way Seputih	72 M
10	Kelurahan Imopuro	Jln. R. Imba Kesuma	73 M

Hasil Pendugaan Geolistrik

Berdasarkan hasil pengukuran dengan geolistrik yang dilakukan pada 10 titik pengukuran akan menghasilkan nilai kuat arus dari elektroda arus yang dihubungkan dengan amperemeter, dan nilai beda potensial dari elektroda potensial yang dihubungkan dengan voltmeter. Kemudian nilai kuat arus dan potensial hasil pengukuran tersebut dijadikan nilai tahanan jenis semu dengan menggunakan formulasi:

$$\rho = k \cdot \frac{\Delta v}{i}$$

Dimana:

P = Tahanan jenis semu (ohm m)

Δv = Beda Potensial (mili volt)

i = Kuat arus (mili ampere)

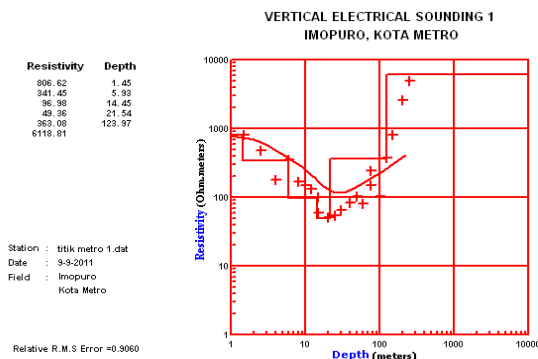
k = Konstanta Schlumberger

Sebagai contoh hasil pengukuran geolistrik di titik 1 yaitu Jalan Khanafiah Kelurahan Kelurahan Imupuro Kecamatan Metro Pusat Kota Metro Lampung . Pada pengukuran elektroda potensial 0,5 m dan elektroda arus 1,5 m diperoleh nilai beda potensial 13,190 mV dan kuat arus 102 mA. Dari nilai rentangan elektroda, konstanta Schlumberger bernilai 6,25.

Pengolahan Data

Pendugaan geolistrik hanya dapat menghasilkan nilai tahanan jenis semu. Untuk mendapatkan nilai tahanan jenis aktual, maka dilakukan pengolahan data dengan menggunakan program Resty. Input data Resty dapat dilakukan dari data langsung lapangan (AB/2, V, I, dan K).

Tetapi dalam hal ini, input data yang digunakan adalah data jarak elektroda arus (AB/2) dan tahanan jenis semu (ρ_a) yang telah dihitung sebelumnya.



Gambar. 5 Hasil Resty Titik Ukur 1

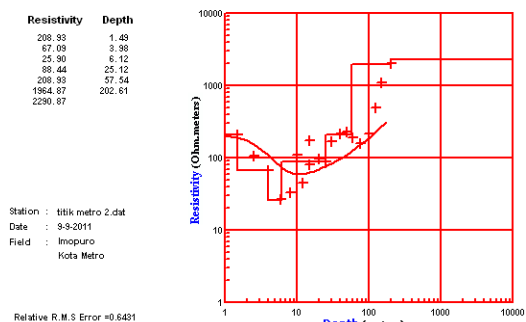
Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan.

Tulisan error pada tepi atas table menunjukkan tingkat kesalahan data dan

perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal $\pm 2\%$

Tabel.3. Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 1 (Error = 0,9060%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 – 1,45	806,62	Kerikil
2	1,45 – 5,93	341,45	Kerikil
3	5,93 - 14,45	96,98	Lempung
4	14,45 - 21,54	49,36	Pasir Berlempung
5	21,54 - 123,97	363,08	Batuan Dasar

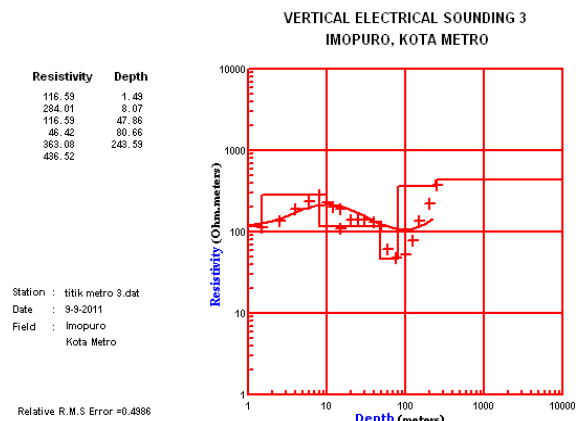


Sumber : Hasil pengukuran lapangan Th 2014

Gambar. 6 Hasil Resty Titik Ukur 2
Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas tabel menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal $\pm 2\%$

Tabel.4. Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 2 (Error = 0,6431%)

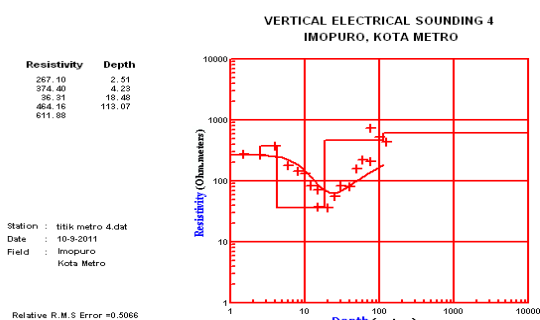
No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 1,5	208,93	Kerikil
2	1,5 – 3,98	67,09	Kerikil
3	3,98 – 6,12	88,44	Lempung
4	6,12 – 25,12	208,93	Lempung Berpasir
5	25,12 – 57,54	1964,78	Pasir Berlempung
6	57,54 - 202,61	2290,87	Batuan Dasar



Gambar. 7 Hasil Resty Titik Ukur 3
Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas table menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .

Tabel.5 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 3
(Error = 0,4986%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 – 1,49	116,59	Kerikil
2	1,49 – 8,07	284,01	Kerikil
3	8,07 – 47,66	116,59	Lempung
4	47,66 – 80,66	46,42	Lempung, Shale
5	80,66 – 234,59	363,08	Batuan Dasar

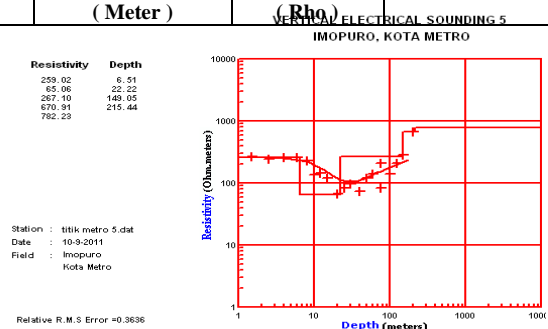


Gambar. 8 Hasil Resty Titik Ukur 4
Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah.

Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas table menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .

Tabel.6 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 4
(Error = 0,5066%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
----	--	-----------------------------	----------



1	0 - 2,51	267,10	Kerikil
2	2,51 - 4,23	374,40	Kerikil
3	4,23 - 18,48	36,31	Lempung Berdebu
4	18,48 - 113,07	464,16	Batuan Dasar

Gambar. 9 Hasil Resty Titik Ukur 5

Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas table menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .

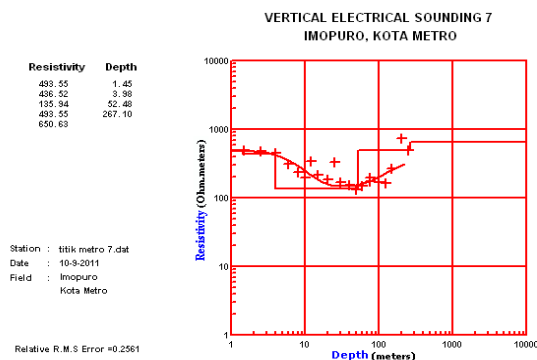
Tabel.7 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 5
(Error = 0,3636%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 6,51	259,02	Kerikil
2	6,25 - 22,22	65,06	Lempung Berpasir
3	22,22 - 149,05	267,10	Pasir Berlempung
4	149,05 - 215,44	670,91	Batuan Dasar

Gambar. 10 Hasil Resty Titik Ukur 6

Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas table menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .
Tabel.8 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 6 (Error = 0,4759%)

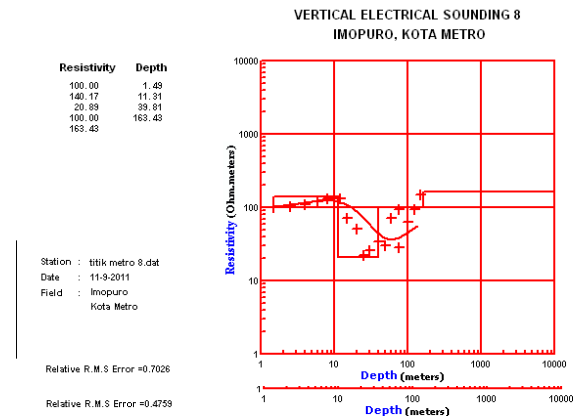
No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 2,51	184,78	Kerikil
2	2,51 - 12,02	69,18	Lempung
3	12,02 - 24,36	32,11	Lempung Berpasir
4	24,36 - 106,33	202,61	Pasir Berlempung
5	106,33 - 243,59	713,23	Batuan Dasar



Gambar. 11 Hasil Resty Titik Ukur 7

Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas tabel menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .
Tabel.9 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 7 (Error = 0.2561%)

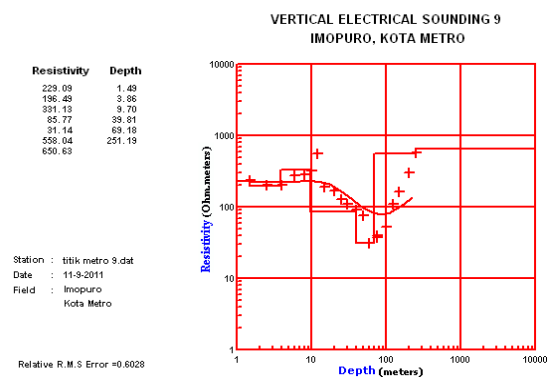
No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 1,45	493,55	Kerikil
2	1,45 - 3,98	436,52	Kerikil
3	3,98 - 52,48	135,34	Lempung, Shale
		52,48 - 267,63	493,55 Batuan Dasar



Gambar. 12 Hasil Resty Titik Ukur 8

Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas table menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .
Tabel.10 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 8 (Error = 0,7026%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 1,43	100	Kerikil
2	1,43 - 11,31	140,17	Lempung, Shale
3	11,31 - 39,81	20,89	Pasir Berlempung
4	39,81 - 163,43	100	Batuan Dasar



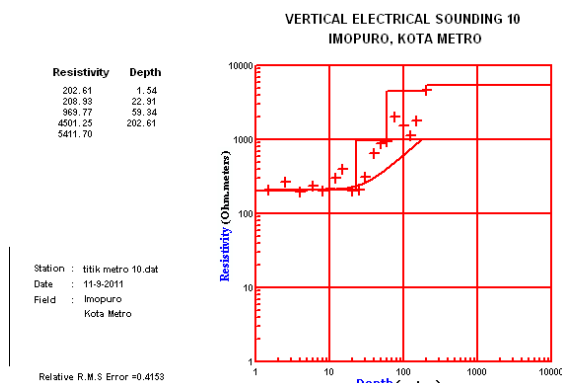
Gambar. 13 Hasil Resty Titik Ukur 9

Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas tabel menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2 .

Tabel.11 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 9 (Error = 0,6028%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 1,49	229,09	Kerikil
2	1,49 - 3,86	136,49	Kerikil
3	3,86 - 9,70	331,13	Lempung Berpasir
4	9,0 - 39,81	85,77	Pasir Berlempung
5	39,81 - 69,18	31,14	Lempung, Shale
6	69,18 - 251,19	558,04	Batu Pasir

Gambar. 14 Hasil Resty Titik Ukur 10



Gambar di atas memberikan informasi tentang tahanan jenis tiap lapisan tanah. Kolom ρ adalah nilai resistivitas tiap lapisan. Tulisan error pada tepi atas tabel menunjukkan tingkat kesalahan data dan perlu dikoreksi dengan angka kesalahan maksimal ± 2

Tabel.12 Tahanan Jenis Aktual Titik Ukur 10 (Error = 0,4153%)

No	Kedalaman dari Permukaan Tanah (Meter)	Nilai Tahanan Jenis (Rho)	Material
1	0 - 1,54	202,61	Kerikil
2	1,54 - 22,31	208,93	Pasir Berlempung
3	22,31 - 59,34	969,77	Batuan Dasar
4	59,34 - 202,61	4501,25	Batu Pasir

Tabel-tabel di atas merupakan nilai dari tahanan jenis actual untuk setiap titik pengukuran disertai dengan nilai tahanan dan kedalaman lapisan tanah. Hasil perhitungan data tahanan jenis aktual inilah yang kemudian menjadi input data.

PENUTUP

Adapun kesimpulan yang didapat pada penelitian di Kelurahan Imopuro Kecamatan Metro Pusat Kota Metro dengan Menggunakan Metode Resty adalah sebagai Berikut:

1. Pada daerah Imopuro lapisan akuifer terdapat pada kedalaman 20 – 150 M dengan nilai restisivitas 21 – 200 ohm
2. Dari hasil penelitian di daerah Imopuro Jenis Lapisan Akuifer yang ada pada daerah tersebut adalah akuifer tertekan dan akuifer semi tertekan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kota Metro / *BPS-Statistic of Metro City*
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 303 hlm.
- Kodoatie, R. 2010. *Tata Ruang Air*. Andi Offset. Yogyakarta. 538 hlm.
- Hendayana, Heru. 1994. *Metode Resistivity Untuk Eksplorasi Air Tanah*. Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Seyhan, Ersin. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 380 hlm.
- Sosrodarsono, Suyono. 2006. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Rolia, Eva. 2002. *Studi Air Tanah Di Daerah Pesisir Teluk Lampung Dengan Metode Geolistrik*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Rolia, Eva. 2011. *Studi dan Pemodelan Air Tanah Di Daerah Pesisir Kota Bandar Lampung*. Tesis. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Tood, David Keith. 1980. *Groundwater Hidrology*. California. 535 hlm.
- Triatmodjo, Bambang. 2006. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Undang-Undang Pengelolaan Sumber Daya Air. 2008. Fokusmedia. Bandung